

2. ГОСТ 8.332-78. Государственная система обеспечения единства измерений. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения.

3. Елкин С. А. Туннельный диод: оценка, отбор и практическое применение г. Житомир.

4. Берланд Б. Фотоэлементы уходят за горизонт: Оптические ректенны солнечных батарей (англ.). Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии США (2003).

5. Новак С. Наноантенны электромагнитных коллекторов солнечного света. Американское Общество инженеров-механиков, Национальная лаборатория штата Айдахо, 15.02.2009.

УДК 662.767.2

Васенев В. В., Ильин Ю. П., Кузьмина Н. Ю.  
Южно-Уральский государственный аграрный университет  
vitvasenev@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НАВОЗА КРС В РЕАКТОРЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМОФИЛЬНОГО БРОЖЕНИЯ**

**Аннотация.** В работе биогазовых установок одну из главных ролей играют перемешивающие устройства. В статье приведено сравнение изменения энергозатрат на различные перемешивающие режимы, предложенные рядом авторов, с учетом выхода биогаза.

Цель работы: выявить эффективные режимы перемешивания навозного субстрата крупного рогатого скота (КРС) в биогазовой установке.

Для осуществления поставленной цели будут решаться следующие задачи:

- 1) рассмотреть факторы, влияющие на количество получаемого биогаза;
- 2) привести и проанализировать несколько режимов перемешивания навозного субстрата;
- 3) сравнить затраты энергии при различных режимах перемешивания с долей повышения выходящего газа.

С ростом мощностей агропромышленного комплекса возросло и количество его отходов, т. е. биомассы (навоз животных и т. д.). Последняя представляет собой возобновляемый источник энергии, из которого можно получить с помощью анаэробного брожения биогаз и ценное биологическое удобрение [1-5]. Процесс анаэробного брожения происходит в биогазовой установке (БГУ), схема которой показана на рисунке. В перебродившей биомассе количество патогенных бактерий уменьшается, по сравнению со свежей, и её использование становится менее опасным с точки зрения охраны окружающей среды.

Расхождения в количестве выхода биогаза имеют место по причине различия в составе сбраживаемого материала. При условии одинакового состава материала при одинаковой температуре брожения большую роль играют следующие

факторы: 1) время нахождения органического вещества в камере сбраживания; 2) нагрузка камеры по органическому веществу; 3) перемешивание сбраживаемого материала. Остановимся на последнем факторе. Перемешивание поступающего в камеру материала обеспечивает лучшее соприкосновение с ним бактерий. Кроме того, перемешивание способствует равномерному распределению температуры и кислотности в камере сбраживания; предотвращает оседание занесенных со свежим материалом тяжелых частиц и продуктов сбраживания, а также образование корки в верхнем слое сбраживаемой массы.



Количество выходящего газа при термофильном режиме брожения навоза КРС берется из источника [6]. Известно, что на 1 м<sup>3</sup> субстрата тратится 30-60 Вт мощности привода мешалок. В таблице отражено время работы перемешивающих устройств реактора БГУ и получаемый от них эффект.

Циклы работы перемешивающих устройств

Номер режима (авторы)	Время работы	Время паузы	Выход газа
Первый режим (Саплин Л. А., Кирюшатов А. И.)	4 часа	7 часов	Не меняется
Второй режим (Ильин Ю. П., Кузьмина Н. Ю.)	10 минут	50 минут	Не меняется
Третий режим (Хашимото А. Г.)	24 часа	-	Увеличивается на 8 %

Сравнивать первый и второй режимы не имеет смысла, т. к. выход газа не меняется, но при этом в первом режиме тратится больше энергии на перемешивание, поэтому для сравнения между собой выбраны второй и третий режимы. Для примера рассмотрим реактор объемом 75 м<sup>3</sup> [7], заполнение происходит на 80 %, следовательно, 60 м<sup>3</sup> – рабочий объем реактора. Расчет расхода энергии механического перемешивания производился по формуле

$$Q_{\text{мех}} = 30 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \times 60 \text{ м}^3 \times t_{\text{работы}} \quad (1)$$

Для второго режима перемешивания (Ильин Ю. П., Кузьмина Н. Ю.) расход энергии на механическое перемешивание составит 25 920 кДж. Для третьего режима перемешивания (Хашимото А. Г.) – 155 520 кДж. Выход биогаза при термофильном режиме брожения составляет 233,7 м<sup>3</sup>. Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> биогаза составляет 21...23 МДж. Значит, при втором режиме перемешивания мы получаем 4 907 700 кДж. При третьем режиме перемешивания получаем 5 300 316 кДж. Учитывая, что рассчитаны только затраты электрической энергии на перемешивание, для полной оценки энергоэффективности перемешивания следует эти затраты перевести в затраты тепловой энергии через КПД электростанций, который принимаем равным 0,33. Разница между приведенными затратами составляет  $155\,520/0,33 - 25\,920/0,33 = 392,7$  МДж. Разница между получаемыми выходами составляет  $5\,300\,316 - 4\,907\,700 = 392,6$  МДж.

Судя по тому, что разница затрат энергии на перемешивание превышает разницу затрат получаемой энергии, рекомендуется выбирать второй режим перемешивания навозного субстрата КРС.

Выводы:

- 1) проанализированы результаты решения поставленной задачи;
- 2) полное и глубокое изучение биогазовых установок позволит увеличить долю использования энергии биомассы в общем количестве возобновляемых ресурсов, а также снизить остроту нарастающих экологических проблем, связанных с использованием биомассы.

#### Список использованных источников

1. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие. Челябинск : ЧГАА, 2013.
2. Ильин Ю. П., Кузьмина Н. Ю., Рудных Н. В. Энергетические возможности использования биогазовых установок в Челябинской области // Материалы LI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки-агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2012. Ч. V. С. 72-81.
3. Дубровскис В. С., Виестур У. Э. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. Рига : Зинатне, 1988. 204 с.
4. Оценка выхода биогаза при мезофильной переработке сенажа топиамбура в биогазовом кластере/ Ю. П. Ильин [и др.] // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 39-50.
5. Васенев В. В., Ильин Ю. П. Исследование параметров элементов в БГУ горизонтального типа в термофильном режиме анаэробной переработки отходов животноводства // Идеи молодых - агропромышленному комплексу: материалы LXVI студенческой научной конференции. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 15-21.
6. Васенев В. В., Панчева Л. Ю., Телюбаев Ж. Б., Ильин Ю. П. Оценка выхода биогаза при различных режимах брожения навоза КРС в биогазовой установке // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции с международным участием и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых 16-19 декабря 2014 года. Екатеринбург : УрФУ, 2014. С. 384-386.
7. Васенев В. В., Ильин Ю. П., Круглов Г. А. Тепловой баланс метантенка биогазовой установки // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 29-33.